

JAN 7 1959

FISH & WILDLIFE SERVICE



MINISTERIO DE MARINA

Geognosia y Geotectónica de la ría de Vigo

y

Las condiciones de estancamiento en mares
interiores, fiords, bahías y rías, con especial
referencia a la de Vigo

por

Antonio Fernández del Riego

BOLETÍN DEL

INSTITUTO ESPAÑOL
DE OCEANOGRAFIA

N.ºs 88 y 89

MADRID

30-I-1958

ULTIMOS NUMEROS PUBLICADOS

- 52.—Joaquín GÓMEZ DE LLARENA: «Observaciones sobre los sedimentos de las costas de Galicia (Campañas del «Xauen» en 1949 y 1950)», con un Apéndice de Josefina PÉREZ MATEOS, sobre «Análisis mineralógico de algunas muestras».
- 53.—A. RODRÍGUEZ DE LAS HERAS y M. C. MÉNDEZ ISLA: «Contribución a los estudios químicos sobre pescados españoles».
- 54.—José M.^a NAVAZ y F. de P. NAVARRO: «Nuevas observaciones sobre la sardina del Golfo de Vizcaya (1951) y consideraciones sobre la estadística de pesca».
- 55.—R. FERNÁNDEZ y F. DE P. NAVARRO: «La sardina de Santander. Observaciones en 1950 y 1951».
- 56.—M. OLIVER y F. DE P. NAVARRO: «Nuevos datos sobre la sardina de Vigo (febrero de 1950 a marzo de 1952)».
- 57.—Emma BARDÁN y F. DE P. NAVARRO: «Estudios sobre la sardina de Málaga en 1951 y consideraciones sobre la variabilidad de su fórmula vertebral».
- 58.—M. OLIVER y F. NAVARRO: «La alacha y la sardina de Baleares. Investigaciones en 1950 y 1951».
- 59.—F. LOZANO: «Monografía de los Centrácántidos mediterráneos, con un estudio especial de la biología, biometría y anatomía de *Spicara smaris* (L.)».
- 60.—E. JIMENO y A. ARÉVALO: «Acción inhibidora del ácido pirogálico en la corrosión del hierro por el agua del mar».
- 61.—P. BALLE: «Fitoplancton de la bahía de Palma de Mallorca (Año 1952)».
- 62.—B. ANDREU: «Sobre la relación entre el número de branquispinas y la talla en la sardina española (*Sardina pilchardus* Walb.)».
- 63.—M. OLIVER: «Bionomía de los fondos de 300 a 600 mts. en el Sur y Suroeste de Mallorca...».
- 64.—F. LOZANO CABO: «Notas sobre una Campaña de prospección pesquera en la Mar Chica de Melilla».
- 65.—A. FERNÁNDEZ DEL RIEGO y A. RODRÍGUEZ DE LAS HERAS: «Determinación colorimétrica de la alteración del pescado».
- 66.—FERNANDO LOZANO CABO: «Una campaña de prospección pesquera en Mar Menor (Murcia)».
- 67.—LUIS BELLÓN †: «Historia Natural del Atún, *Thunnus thynnus* (L.). Ensayo de síntesis».
- 68.—PEDRO BALLE: «Análisis cualitativo del fitoplancton de la Bahía de Palma de Mallorca en 1953».
- 69.—JOAQUÍN GÓMEZ DE LLARENA: «Algunos datos sobre sedimentos recogidos por el «Xauen» en la campaña de otoño de 1952».

(Sigue en tercera página de la cubierta.)

GEOGNOSIA Y GEOTECTONICA DE LA RIA DE VIGO

POR

ANTONIO FERNANDEZ DEL RIEGO

ANTONIO FERNANDEZ DEL RIEGO

GEOGNOSIA Y GEOTECTONICA DE LA RIA DE VIGO

Los rasgos más acusados del relieve costero de la Ría de Vigo han sido elaborados en los momentos de su formación como veremos más adelante. Los accidentes menores del relieve se deben a la erosión marina. La desigual composición y, sobre todo, la diferente disposición estructural de las distintas rocas que constituyen las zonas de abrasión, dan lugar a entrantes y salientes merced a la desigual dureza de las mismas.

En la carretera de Vigo a Pontevedra dos kilómetros antes de llegar a Redondela, en el tajo de 5 a 6 metros de altura por donde discurre aquélla, se observa la aparición de un conjunto estrato-pizarreño de color ocre, rojo-violeta y matices varios con buzamiento al este. La zona de pizarras continúa hasta Redondela. En la curva inmediata a la entrada de la villa, hay un camino que sube hasta el puente del ferrocarril, todo él enclavado en una faja pizarreña de variable y rica tonalidad. Cruzada la vía siguen apareciendo pizarras en el camino que sube a la carretera de Nespereira, prolongándose aquéllas por encima de la carretera. El lugar de Quintela está constituido exclusivamente de pizarras.

Todo el valle al sur de Redondela es una zona pizarreña típica. Los campesinos para cerrar sus fincas suelen comprar el

granito porfídico rosado y biotítico de Porriño, de bello aspecto y muy fácil de cortar en lajas o postes mediante cuñas clavadas a distancias regulares; este granito lo designan con el nombre de “pasta”. El granito de textura más fina y homogéneo utilizado en construcción le designan con el nombre de “perpiaño”.

El granito rosado de Atios, cerca de Porriño, es susceptible de un bello pulimento que es la base de sus aplicaciones para la confección de columnas bruñidas y otros elementos de construcción de edificios públicos. Otros granitos utilizados para el mismo fin y también para la fabricación de planchas, que primero se sierran, en número de 14 ó más a partir de un bloque, y luego se pulen, y son destinadas al recubrimiento de edificios emulando al mármol y otras piedras ornamentales, los tenemos en el granito gris de Caeiro, que se oscurece mucho al pulimentarlo, y el granito, también gris, de grano más fino de Mañufe, próximo a Gondomar. Del granito de Caeiro está constituido el frontispicio del nuevo edificio de la Caja de Ahorros Municipal de Vigo, las fachadas van recubiertas por planchas sin bruñir del granito de Atios.

Del Grove procede también un hermosísimo granito porfídico rojo rosado con manchas verdes, así como otro azul de Lugo de análogas aplicaciones.

La pizarra se extiende por Cepeda hasta Villar y el aeropuerto vigués. En Cabeiro se ven conjuntamente pizarras y granitos. Al otro lado del valle los montes de Cedeira y San Esteban de Negros son de granito.

Hemos estudiado con detenimiento el terreno que descende del monte situado por encima de la carretera de Nespereira, en la parte oriental de Redondela, hasta la entrada de la villa por su parte meridional. En el camino de carro que seguimos y a muy pocos metros de haber iniciado el descenso observamos que en los cortes del camino y el lecho de éste se iban sustituyendo progresivamente las pizarras por granitos. En los muros de las fincas había antes pizarras, ahora se ven granitos abundantemente.

Continuando el descenso, volvemos a observar a la derecha del camino pizarras con buzamiento al Este, y muy pronto pizarras micáceas, y después granitos biotíticos orientados, y en seguida una cantera de granito poco orientado e incluso homogéneo.

En un mismo bloque, recién extraído, se observó granito porfídeo con grandes cristales de feldespato ortosa blanco y, después, granito rosado de grano fino y mica negra y granito gris de idéntica estructura, abundantísimo. Al norte de Chapela también hemos podido comprobar, en un mismo bloque, granito gris y rojizo yuxtapuestos.

A una distancia de doscientos metros cruzamos la carretera de entrada a Redondela, dirigiéndonos a la estación del ferrocarril; en la subida por las gradas que conducen a ella observamos en los cortes del terreno la aparición nuevamente de pizarra, continuando ésta hasta detrás del edificio de la misma estación. Siguiendo el camino al borde de la vía hacia Vigo continúa la masa de pizarras, con buzamiento al Este, hasta el túnel. A los pocos pasos de la salida de éste, la disposición de los estratos es vertical y muy pronto aparece nuevamente el granito, continuando éste a ambos lados de la vía y hasta el mar. En la carretera sigue también el granito de grano relativamente grueso y homogéneo, que irrumpe en medio del gneis glandular en una buena faja que se extiende del SO. del Rebullón, en las estribaciones de la Sierra de Bembrive; desciende por las proximidades de Puxeiros, cortando la carretera de Madrid, hasta alcanzar el lugar de Caeiro, atravesando la línea del tranvía Vigo-Porriño y la carretera en construcción a Peinador, ascendiendo hasta la cumbre del "Vixiador", desplegándose en un potente roquedal en la vertiente norte de este monte, para penetrar en el mar en la zona del estrecho de Rande. Este granito presenta un color parduzco en las proximidades del Rebullón, carretera de Puxeiros y en las zonas bajas de la carretera y ferrocarril de Redondela. En Caeiro su color es gris, más o menos intenso, y su aspecto es bello, asemejándose a una diorita, de la cual difiere esencialmente por su composición. Es un granito homogéneo de dos micas, pero fundamentalmente biotítico. Es susceptible de un bello pulimento, adquiriendo un color gris más intenso, casi negro.

Sigue la potente formación de gneis glandular, que se extiende hacia el Sur desde el borde mismo de la Ría, por los montes de la "Madroa" hasta Cabral y cementerio de Puxeiros, haciendo contacto con el granito unos trescientos metros al sur de Cabral, en una curva pronunciada de la carretera de Madrid.

El contacto con el granito de Caeiro está señalado por una

importante formación de pegmatitas muy evidentes, en el corte de la nueva carretera a Peinador.

Este gneis es de una dureza extraordinaria y se presenta en grandes bloques prismáticos, que dan al paisaje un tono más agreste, en contraste con la suavidad de las formas ovales o esferoidales del granito de la formación vecina. La estructura de este gneis es muy gruesa y las glándulas son de una apariencia y belleza muy acusadas. El tono suele ser gris en los bloques frescos y pardo en los más granitizados.

El próximo contacto se verifica con un granito de moscovita de grano relativamente fino, comparado con el granito de Caeiro, extendiéndose hasta el mar, cortando la carretera y ferrocarril en su marcha hacia el Sur. Esta masa granítica asciende por las elevaciones próximas a Chapela, quedando detenido su avance hacia el Sur por el gneis en las cumbres más elevadas. Este granito es blanco y duro.

A este granito sigue una formación más importante de un granito de dos micas de color parduzco o gris, que domina todo el ámbito hasta Chapela. En las proximidades de esta localidad se vuelve a ver el gneis glandular y de nuevo el granito de dos micas a que acabamos de referirnos.

Este granito, así como el de moscovita que le precede, se utilizan en mampostería.

Continúan los granitos hasta la vertiente oriental del promontorio de Nuestra Señora de la Guía, donde se establece el contacto con el gneis azul de que está formada toda la colina. Este gneis se extiende por la parte baja y oriental de la ciudad de Vigo. En la Calzada, en un corte de la carretera, aparece un alto perfil de gneis azul granitizado, con vetas purpúreo-rosadas más alteradas.

La colina de la Guía es un potente bloque gneísico azul, que aparece con estirado perfecto en las hermosas canteras de la base del monte, con dirección Norte-Sur.

En la cima, el estiramiento no es tan decidido y homogéneo, presentando tendencia a arremolinarse. En la base del monte, hacia los Caños, en la falda SO., hemos tomado muestras de una formación gneísica de textura más fina y de homogeneidad idéntica. A los pocos metros se incluía un isleo de anfíbolita de relativa importancia.

La anfíbolita es relativamente abundante, presentándose co-

rridas de la misma en el granito, el gneis o la pizarra. Desde El Seijo a Peinador se pueden observar hasta seis formaciones de este tipo, algunas de las cuales tienen hasta 80 metros de potencia, como ocurre con la que constituye una cota al SO. de La Madroa, donde el roquedo de la cumbre está constituido exclusivamente de esta roca.

En nuestro itinerario hasta Vigo observamos, a unos ciento cincuenta metros de La Calzada, en el corte de la carretera que corresponde ya a la avenida de García Barbón, en Vigo, una disposición estrato-pizarreña desde el tranvía, con buzamiento al Este.

En el límite de la calle de Pontevedra y Marqués de Valladares he podido comprobar la presencia de la misma roca, de apariencia apizarrada, al lado mismo del nuevo edificio de la Caja de Ahorros. En los cimientos de dicho edificio existe un lecho pizarreño.

En la Gran Vía del Generalísimo y en el barrio de Casablanca se observan en los cortes del terreno estratificaciones pizarreñas a ambos lados de la calle. El examen de estas masas, fajeadas de biotita, nos revela que se trata de estados más o menos avanzados de meteorización de un ortogneis muy rico en cuarzo y no un paragneis, como pudiera inducir a pensar su estructura pizarreña cuando está granitizado. Todas las pizarras del área de Vigo responden a esta estructura.

De este gneis micáceo, muy metamorfozado, se ven cortes también apizarrados en la Travesía de Vigo, recientemente abierta, con buzamiento al E. y mejor conservados en San Payo de Lavadores, en la nueva carretera a Peinador, que está en vías de ser terminada. El próximo contacto se establece con el gneis glandular, siguiendo a continuación el granito biotítico de Caeiro, de menor potencia que el anterior; aparece nuevamente el gneis glandular, que continúa hasta el mismo aeródromo de Peinador, donde hace contacto con la pizarra. Prosigue la formación pizarreña hasta Los Valos y Villar y, después de cruzar el río, y aun antes, en la carretera, aparece la potentísima masa de granito del "Galleiro". En sus tres cimas puede observarse su formación granítica en dos de ellas, estando constituida la tercera y más oriental por gneis.

Situados nuevamente al comienzo de la Travesía de Vigo, cruzando la plaza de España y siguiendo la calle del Couto, al

final de la misma se presenta el contacto del gneis de biotita apizarrado con el granito porfídico, en la parte oriental del monte de Castro, con aparición de pegmatitas en grandes cristales y segregaciones de mica verde.

El granito porfídico del Castro se presenta en hermosos bloques en su parte meridional. A menos de diez metros en dirección oeste aparece gneis muy compacto y pobre en biotita.

El granito porfídico del Castro es una de las formaciones más generalizadas de la Ría de Vigo y es biotítico y de color gris en este paraje y también en Alcabre. En cambio, es de color pardo al otro lado de la ría.

La colina es una zona de doble contacto entre el granito porfídico biotítico y el gneis micáceo apizarrado, de una parte, y el granito porfídico y el gneis de biotita compacto, de otra.

El Castro está dividido en dos sectores: el oriental, en que domina el granito, y el occidental, en que domina el gneis; sin embargo, los límites de separación no son tan sencillos, observándose, sobre todo en la vertiente norte, una interpenetración de ambas formaciones que, siguiendo la carretera que desciende en dirección E. hacia el Castillo de San Sebastián, se pone de manifiesto en una repetida sustitución del gneis por el granito y del granito por el gneis, en el espacio de pocos metros.

El granito se manifiesta en forma de grandes bolas que tienen una marcada tendencia a desintegrarse por capas concéntricas cuando se meteoriza.

El gneis produce estructuras angulosas y escaleriformes cuando aflora. La zona de Castrelos corresponde a una de erupciones múltiples. En la colina donde se asientan el cementerio y la iglesia de esta parroquia se encuentran, además de granito porfídico biotítico, de que hemos hablado antes, en su parte noroccidental, granito de moscovita, muy adecuado para construcción, en su parte oriental y suroriental, y granito de grano fino de biotita en su parte meridional y en la cumbre.

En la Sierra de Bembrive se aprecia, al SO. del Sanatorio del Rebullón, el contacto del granito de Caeiro con el gneis micáceo, en que se asienta buena parte de la ciudad de Vigo, y continúa éste por toda la cresta hasta su cumbre más alta, para descender, sin cambiar la roca, hasta la capilla del Alto de San Colmado. En la subida a la cresta del Galiñeiro y a unos doscientos metros de la capilla se halla el contacto del gneis de

biotita apizarrado y el gneis azul del Galineiro, muy semejante al de La Guía.

En Cangas, a la salida del puerto, en la subida a la ciudad, se observa un hermoso bloque de anfíbolita incluído en el gneis biotítico. El gneis se prolonga hacia el Norte en el ascenso a Monte Castelo; lentamente se va sustituyendo por granito estirado biotítico y, a medida que progresa el ascenso, el estiramiento es menos acusado, hasta la aparición de granito homogéneo en las laderas y cumbre del Monte Castelo.

Desde la cumbre se observa, en la orilla izquierda de la Ría de Marín, la presencia de un paisaje granítico con cantiles cortados a pico en Punta Nido do Corvo hasta Cabo Udra y Ribera de Beluso. Hacia el Oeste, el paisaje se quiebra, revelando un cambio en la naturaleza de la roca.

Descendimos para comprobarlo, y en el lugar señalado desde el monte observamos el contacto del granito homogéneo, más joven, con el granito porfídico, más antiguo. En el contacto se observan diques de cuarzo con impregnaciones de óxidos de hierro y otros, también de cuarzo, con hermosos cristales de turmalinas.

En el descenso hacia la playa de Limens se observa inmediatamente, antes de cruzar la carretera, una intrusión de granito joven de color gris, de grano fino homogéneo, en el granito porfídico. Cruzada la carretera y prosiguiendo el descenso, aparece una masa gneílica digerida en parte por el granito porfídico.

Después continúa éste hasta el mar. Hacia el norte se prolonga hasta Io y Aldán, en la Ensenada de Aldán, en la Ría de Marín.

En la playa de Limens se advierte una profunda penetración del mar en el granito porfídico más blando y un saliente acusado en el límite occidental de la Ensenada en Punta Corbeiro dos Castros. Esta punta es de granito homogéneo más duro.

En las rocas de la playa de Limens y la de Area Milla continúa el granito porfídico, casi hasta esta última playa, con ligeras apariciones de gneis y, por último, el contacto con el granito homogéneo. Antes de llegar a Cangas vuelve a aparecer el gneis y luego nuevamente el granito. En la carretera que discurre un poco más al norte, paralela a la costa, sólo se puede observar la formación de granito homogéneo hasta las puertas mismas de la villa de Cangas, donde la capilla de San Roque

se eleva sobre una colina de granito. A pocos metros hacia el Este aparece el gneis.

Al E. de Cangas aparece el granito porfídico nuevamente, en Rodeira. En el extremo oriental de la playa se observa un contacto con gneis micáceo. Las playas que siguen se encuentran enmarcadas por granito porfídico con nuevas apariciones del gneis micáceo de estructura fina, como ocurre en la playa de los Alemanes. En Domayo existe una hermosa formación de granito homogéneo de color claro, explotable en las grandes canteras de la base de Monte Faro.

El granito se extiende hasta Santa Cristina de Cobres, donde aparece la faja pizarreña continuación hacia el norte de la que hemos descrito antes al sur de Redondela.

Entre Limens y Cangas, por la carretera, aparece más pronto el granito joven; antes del dominio exclusivo de éste, se aprecian intrusiones de granito homogéneo en el granito porfídico; se da el caso de antiguas canteras totalmente abandonadas, donde se benefició el granito joven para construcción, y en todo el contorno de la explotación, granito porfídico, que no sirve para la construcción por ser fácilmente meteorizable. Dos kilómetros antes de Cangas aparece de nuevo el contacto con el granito homogéneo, que se estira cada vez más hasta su contacto con el gneis de la villa misma.

En la parte occidental de la playa de Limens aparece nuevamente el granito joven, y éste se prolonga a través de la playa de Barra hasta la base misma de Punta Subrido; continúa hasta más allá del primer tercio de este cabo y en seguida aparecen diques de cuarzo libre y, después, pizarras profundamente metamorfizadas por metamorfismo regional, con eje de orientación norte-sur. Estas micacitas, de aspecto brillante y muy apizarradas, presentan una gran dureza, dando chispas abundantes bajo los golpes del martillo. Su enorme dureza podría explicar en parte la profunda penetración de Punta Subrido en el mar, en relación con el resto de la costa hacia el interior de la ría.

Las micacitas de Subrido y Cabo Home tienen su continuación al otro lado de la ría, en Monteferro, extendiéndose hacia el Este por la playa de Patos hasta su extremo oriental, donde los potentes escollos de pegmatitas nos anuncian el contacto con el granito. En estas pegmatitas se encuentran incluidos granates en gran profusión, así como turmalinas y andalucita.



Fig. 1. Conglomerado grueso de origen marino tapizando el techo de una cueva entre Punta Fanequeira y la Ensenada do Rey.

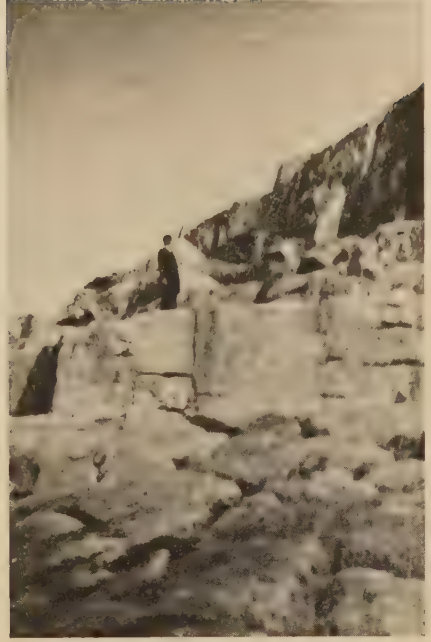


Fig. 2. Corte del terreno que pone de manifiesto una playa levantada cerca de Area Milla.



Fig. 3. Terraza de Abrasión marina entre Ensenada do Rey y la Playa de Area Milla.

El arrumbamiento de estas pizarras, profundamente metamor-
fizadas, sin vergencia alguna, de Patos, Monteferro y Lourido,
es N. N. O. Las micacitas de Subrido presentan ligerísimo bu-
zamiento al O., la misma orientación que las de Monteferro, y
son mucho más duras. En la parte meridional de Monteferro y
procedente del mar, penetra en la base del monte una hermosa
veta de anfibolita compacta, de la que se ven grandes escollos
negros o casi negros sobre la llamada "Playa de Seixos Negros".
Esta veta, de unos cuatro metros de potencia, prosigue a través
del monte su camino hacia el norte, apareciendo del otro lado,
penetrando nuevamente en el mar. La dureza y tenacidad de
estos bloques es muy grande y suelen utilizarlos para el empedrado de caminos, por su resistencia al desgaste. Golpeados con el martillo, emiten un sonido de campana muy particular. Al lado mismo de "Seixos Negros" penetra una veta de anfibolita apizarrada en hermosas losas de color negro.

En la carretera de Monteferro a Panjón aparecen masas de pegmatitas caolinizadas, que utilizan para la confección de bloques abrasivos. El color de esta tierra es casi blanco.

Las pizarras metamórficas se extienden por Playa América y Monte Lourido hacia el interior.

Después de los grandes bloques pegmatíticos del contacto aparece el granito, cada vez más diferenciado, extendiéndose por toda la costa hasta Vigo.

Partiendo del Castro hacia el oeste, nos encontramos en pleno dominio del granito porfídico biotítico, después de su último contacto con el gneis compacto de biotita, con profusión de pegmatitas muy duras. Al sur, y en la cumbre, se observa el tercer contacto de la zona del Castro entre el granito porfídico y un granito homogéneo de dos micas de grano fino. También en este contacto existe abundante despliegue de pegmatitas. El granito homogéneo ha sido extraído casi totalmente en este lugar, que corresponde a unas antiguas canteras.

En la Gran Vía del Generalísimo se establece el contacto de este granito con el gneis compacto de biotita. Aquí el granito fué explotado para construcción en los bloques bien conservados; lo que queda está en un estado muy avanzado de granitización, explotándose como arena. Quedan en pie los testigos pegmatíticos del contacto menos granitizados.

En Bouzas predomina el granito homogéneo, sustituyéndose

pronto, en Alcabre, por el granítico porfídico. Toda la zona de Alcabre es un paraje de contactos múltiples entre ambos granitos. Un contacto muy aparente se observa en el centro de San Pelayo de Navia, muy cerca de la iglesia. A muy pocos metros existen canteras en explotación del granito homogéneo de dos micas.

En los bosques de eucaliptos próximos a Samil existe un camino de carro donde, de un lado, nos encontramos con granito porfídico, y de otro, granito homogéneo.

En las dunas de la parte occidental de la playa de Samil, así como en el terreno más elevado, se observan roquedos individualizados en la forma típica de grandes bolas, correspondiente al granito porfídico.

En la carretera de Molinos a Samil predomina el granito homogéneo, así como en la vía del ferrocarril a Bayona, a la salida de Molinos.

En los profundos tajos de la nueva carretera de la costa, que empalma en El Bao con la de Bayona, inmediatamente después del puente sobre el río Lagares, se aprecia granito homogéneo, y en él, corridas de gneis micáceo de estructura fina. Más adelante, el granito se orienta.

En la playa del Bao, en las rocas del extremo occidental, tenemos gneis del mismo tipo que el de Cangas. En el centro de la playa también continúa la misma formación en las rocas bañadas por el mar y las situadas en la parte más elevada, no sumergible.

Entre la estación de Molinos y Verdial domina el granito homogéneo de dos micas, con predominio de biotita. Esta roca se encuentra recubierta en gran parte por un terreno aluvial de cantos rodados de cuarzo blanco.

Subiendo a la carretera de Bayona nos encontramos al borde de la misma con una cantera constituida por granito de dos micas algo porfídico, con grandes cristales de ortosa, poco abundantes. Este granito presenta estiramiento. Está situado enfrente del crucero exactamente. Corresponde al contacto entre el granito homogéneo y el porfídico.

Siguiendo la carretera, a una distancia de doscientos cincuenta metros, el granito es manifiestamente porfídico, gris, de biotita, con una pequeña proporción de moscovita: se presenta en hermosos bloques, y los cristales de ortosa son grandes y de

brillo céreo, muy característico de este granito; por lo demás, su aspecto es muy parecido al granito porfídico del Castro, del que difiere esencialmente porque lleva moscovita.

Después de la iglesia aparece el contacto del granito porfídico con el gneis. Este gneis es de estructura análoga al del Bao. Sigue de nuevo el granito porfídico, de dos micas, muy granitizado; nuevamente aparece gneis y, ya definitivamente, el granito porfídico, más o menos metamorfizado, en toda la base de los montes de Corujo.

El granito, a partir de ahora, se orienta, presentando grandes cristales de feldespato ortosa. El granito se hace gneísico más adelante, en las canteras situadas al norte de la carretera. Un poco más adelante la metamorfización es tan acusada que se torna gneis glandular.

Más hacia el este, el granito, muy estirado, más bien gneis de dos micas, de estructura fina y glandular, se hace más fino de estructura.

Nuevamente el gneis glandular, de estructura gruesa, aparece bajo el anuncio de la "Repoblación Forestal. Montes de Corujo".

Enfilado con la iglesia de San Miguel de Oya, en dirección S.-N., en la carretera de Bayona, el granito es todavía porfídico, de grano fino esta vez, tránsito al granito homogéneo de dos micas que aparece a unos cuatrocientos metros de la estación radiotelegráfica de Sayanes.

En el Monte de Oya el granito es de nuevo porfídico, de estructura más fina.

Más adelante el granito es homogéneo, estirado, de grano muy fino y duro y de dos micas en el "lavadero".

En la capilla de San Jorge se establece el contacto de este granito, con aparición de formaciones pegmatíticas, y el granito del dominio siguiente, el cual aparece, destacándose, en los cortes del ramal de carretera a la playa de Sayanes. Este granito es biotítico, muy porfídico; los cristales de ortosa que se destacan sobre el fondo homogéneo de la roca son de una magnitud extraordinaria y los más grandes, con mucho, de cualquiera de las formaciones porfídicas que hemos estudiado. Forma el lecho de todos los caminos que conducen a las playas de Sayanes, dando lugar al roquedal costero situado al oeste de la playa principal, donde se le ve fundirse con las micacitas, que,

como se ve, presentan uno de los contactos más prolongados y aparentes de todos los estudiados en el área de la Ría de Vigo. El contacto con los granitos continúa hasta la playa siguiente, la de Patos, cuyo extremo oriental ya hemos dicho se despliega en potentes escollos pegmatíticos.

Por la costa, a la salida de Canido, en San Miguel de Oya, nos encontramos con un campo de pegmatitas procedentes del contacto de un gneis micáceo, muy apizarrado y metamorfizado, que le asemeja mucho a una micacita, con arrumbamiento S-N., buzamiento al oeste, bastante meteorizado, y el granito porfídico de dos micas, que es la formación principal de los montes de Corujo, como hemos indicado más arriba. El contacto se renueva más adelante, con gran despliegue de migmatitas.

Viene luego una formación de granito homogéneo, de grano fino y orientado en dirección aproximadamente N-S. Este granito está intensamente cuarteado por múltiples diaclasas de dirección aproximada E-O., como corresponde a la dirección del empuje orogénico que las produjo.

El granito se torna algo porfídico más adelante. A continuación se observa una formación arenosa, meteorizada, a cuatro metros sobre el nivel actual del mar y de un espesor de tres metros. Formaciones semejantes aparecen más adelante, denotando que la epirogénesis se extendió también a este lugar de la ría, demostrando ser un fenómeno generalizado.

Aparece en seguida el granito porfídico de biotita y grandes cristales de feldespato. Este granito está también orientado según el rumbo general y se refunde con esquistos micáceos, que aquí se encuentran muy meteorizados. El contacto es muy abundante en pegmatitas. La pizarra ha sido muy metamorfizada en el contacto en algunas zonas, gneisificándose y adquiriendo una gran dureza.

Nuevamente aparece granito de dos micas, pero porfídico, aunque poco acusado de estructura. Este granito forma las rocas situadas al E. de la primera playa de Sayanes. En la playa se establece el contacto con el granito porfídico de gran estructura, con aparición de pegmatitas.

Al oeste de la playa de Sayanes propiamente dicha se observa el contacto entre el granito porfídico biotítico y el granito homogéneo de dos micas.

Más al oeste se ven las enormes masas pegmatíticas del con-

tacto de las micacitas y el granito porfídico de biotita, como habíamos apuntado más arriba.

En el Portiño se aprecia bien el contacto doble de la micacita con los dos granitos.

Entre la playa de Sayanes y la de Patos estos dos contactos se suceden alternativamente hasta la playa de la Gulpilleira y la del Cangrejo, inmediatas a la de Patos.

El granito porfídico ha digerido a la pizarra en el contacto, siendo a su vez refundido por la erupción más moderna del granito homogéneo.

Puede decirse que la zona de San Miguel a Patos es una zona de contactos múltiples, evidenciados por la aparición de un campo casi continuo de pegmatitas.

Geotectonica de la Ría de Vigo

La Ría de Vigo tiene una orientación NE. Si se tiene en cuenta el rumbo generalizado NNO. del granito gneísico, del gneis de biotita apizarrado del E. de Vigo, del gneis azul de Nuestra Señora de la Guía, el gneis biotítico del norte de Cangas y del Bao, de las micacitas de Patos y Monteferro y las de Subrido y Cabo Home y la disposición de los valles y cursos de agua del Morrazo y Redondela, claramente se observa una disposición sensiblemente normal de ambos sistemas.

Si la Ría de Vigo fuese de origen fluvial, su cauce seguiría las líneas de menor resistencia, esto es, la de la orogenia primitiva gallega, como ocurre en la península de Morrazo en ambas vertientes de Vigo y Marín, y no una dirección aproximadamente normal, decidida, a la de la estructura orogénica procedente del ortogeosinclinal del occidente gallego, que, como hemos dicho, es sensiblemente N-S.

La línea de costa es de componente Norte; de dirección N-S. entre Cabo Silleiro y La Guardia, y NNE. en la costa acantilada de Soavela, entre Cabo Home y Punta Couseo, en la costa occidental de la península de Morrazo. En esta última costa se encuentran situados probablemente los testigos de los anticlinales del ortogeosinclinal del occidente gallego, que produjo la orogenia base del relieve actual (5).

La dirección de los cantiles de Soavela y la disposición N-S. de las Cíes están de acuerdo con el arrumbamiento general de la orogenia gallega de occidente.

Es muy probable que la ría de Vigo, como todas las formaciones análogas del oeste de Galicia, sea una fosa tectónica producida por desgarro del bloque granítico.

El movimiento epirogénico general a que se vió sometido el macizo granítico del NO. de la Península Ibérica después del plegamiento que originó sus primitivas montañas, provocó la ruptura de aquél según líneas de resistencia mínima, cuando su plasticidad resultó insuficiente para adaptarse a las nuevas tensiones, al rebasarse el límite de elasticidad.

Los bloques separados por la falla se hundieron, en un movimiento de reacción frente al movimiento general ascendente. Después, la fosa originada quedó incluida en la epirogénesis general.

Hablan en favor del origen tectónico la verticalidad de las paredes costeras en la costa de Morrazo desde Domayo a Rande, donde, según Carlé, pueden apreciarse escollos de cuarzo litorales que hablan de la falla allí producida (2).

Un valle fluvial tendría un perfil inclinado hacia el mar hasta la costa. La Ría de Vigo alcanza profundidades de hasta veinte metros, mayores en su parte media, frente a Cangas, que en la boca norte, y hasta diez metros de profundidad más que muchos puntos del centro de la ría más cerca de la costa. Esto tiene perfecta explicación si el solar de la ría se hundió por debajo del nivel del mar y éste penetró después en la cubeta así originada.

Los ríos Oitabén y Redondela han tenido una influencia mínima en la configuración de los grandes rasgos. En la Ensenada de San Simón la amplitud es máxima, lo que no sucedería si fuese producida por acción fluvial; por otra parte, nada parece anunciar la presencia de río alguno en la Ensenada de San Simón, lo que no ocurriría si el relieve se hubiese producido por la acción de aquellos.

La ría se cierra por sí misma y es independiente su cubeta de los valles fluviales que se encuentran en sus inmediaciones (Miñor, Fragoso), y su existencia sería la misma, en líneas generales, si aquéllos no hubieran existido nunca.

En la Ría de Vigo existen múltiples pruebas de la incorpo-

ración de su suelo al movimiento epirogénico general. Hemos encontrado entre Punta Fanequeira y Area Milla:

1.º Un conglomerado grueso de origen marino en un lugar elevado de seis a siete metros sobre la playa actual.

2.º Una terraza de abrasión marina sobre el roquedal de granito, con su antiguo y correspondiente cantil a una altura similar.

3.º Una formación arenosa de color rojo, producida por el hierro alterado de los anfíboles, biotita, etc., que pasó al estado de óxido, y que corresponde a una vieja playa (fots. I, II y III).

4.º El pequeño lago, con su barra, que existe entre las dos Cíes revela asimismo un levantamiento del suelo.

5.º La llanura situada entre la playa del Bao y la base de los montes de Corujo no es más que una playa levantada.

6.º Un conglomerado medio que forma una o varias fajas a lo largo de la playa de Patos en su extremo oriental, aquí será de dos a tres metros.

7.º Una formación análoga en las playas del norte de La Guía revela que el levantamiento es de tipo generalizado a lo largo de toda la ría.

Que esta elevación es de tipo general lo prueban:

Las lagunas costeras, con su barra cubierta de dunas, de Louro, a la salida de la Ría de Noya, hacia el norte; la laguna, barra y dunas de Corrubedo, en la orilla izquierda de la misma ría. Una formación semejante se observa al norte de la playa de Limens, donde ha desaparecido el lago.

Las terrazas levantadas de Razo, en Carballo, provincia de La Coruña, así como las de Cabo Queijal.

Las llanuras de abrasión marina que unen el macizo granítico terminal de Cabo Villano con tierra firme, denotando que se trata de una antigua isla evolucionada a península; lo mismo puede decirse de Cabo Finisterre y Punta Queixal.

El rejuvenecimiento de los ríos de la costa atlántica en su curso inferior, donde existen cascadas y rápidos, en contraste con el carácter senil de la parte media de la cuenca, en donde, en algunos casos, se producen meandros como el del río Jallas, que se desliza sobre una vieja peniplanicie, que se quiebra en un paisaje abrupto a su llegada al mar.

Las fallas observadas en exploraciones mineras.

La abundancia de aguas minerales en diversas localidades

es prueba de la existencia de dislocaciones que establecen el contacto de zonas profundas con el exterior.

Y, por último, los movimientos sísmicos recientes registrados en Vigo, Santiago, La Coruña y otras localidades, denotan la actualidad del movimiento epirogénico, que continúa en estos momentos.

Como ejemplo de rasgos menores de la morfología debidos a la desigualdad en la naturaleza química y estructura de las rocas atacadas por el mar con intensidad distinta, podemos citar:

La profunda playa de Limens, enclavada en el granito porfídico, más blando que el granito homogéneo de su extremo occidental saliente.

La playa de Patos, donde el mar penetra muy adentro en las micacitas, más blandas, está guarecida en su borde oriental por un saliente de duras pegmatitas y granito, y en su parte occidental por Monteferro, cuyo morro es granítico, así como las estelas, también graníticas.

La playa de América está excavada en las pizarras metamórficas de Lourido.

La profunda penetración en túnel en la costa comprendida entre la playa de Limens y Punta Fanequeira, que tiene dos embudos muy adentro en tierra firme. El oleaje bate en baja mar al fondo del primer embudo, y en el segundo, en pleamar, produciendo intensa abrasión. No hemos podido comprobar la naturaleza de la roca erosionada, por la profundidad grande de la boca de entrada, aun en la baja marea. La exploración del monte inmediato nos permitió recoger fragmentos de aplita, y hemos pensado si la roca blanda tan fuertemente erosionada no sería un dique de aplita descompuesta.

Otras penetraciones han sido comprobadas entre Punta Fanequeira y Ensenada do Rey, en el contacto del gneis con el granito porfídico.

La amplitud de la Ensenada de San Simón podría ser explicada, en parte, por la acción erosiva marítimo-fluvial sobre los esquistos de la zona de Redondela, que tiene su continuación en la otra orilla, en Santa Cristina de Cobres. Sin embargo, la quietud de las aguas en esta zona limitaría aquella acción. La fosa de San Simón habrá sido principalmente tectónica en sus mayores rasgos, como el resto de la Ría.

BIBLIOGRAFIA

1. SCHULTZ: "Descripción Geognóstica del Reino de Galicia". Madrid, 1835.
2. GÓMEZ DE LLARENA, Joaquín: "Las Rías Bajas Gallegas", por Walter Carlé (traducción). C. S. D. I. C. Estudios Geográficos. Instituto "Juan Sebastián Elcano". Núm. 35.
3. SAMPELAYO, P.: "Criaderos de hierro de España. IV: Hierros de Galicia". Mem. Inst. Geol. Esp. Madrid, 1922.
4. CARLÉ, W.: "Resultado de investigaciones geológicas en las formaciones antiguas de Galicia". Traducción de José María Ríos del original alemán: "Ergebnisse geologischer Untersuchungen im Grundgebirge von Galicien (Nordwest Spanien)". Instituto Lucas Mallada del C. S. I. C. Madrid, 1950.
5. PARGA-PONDAL, Isidro, y PÉREZ MATEOS, Josefina: "Los arenales costeros de Galicia. I: La Ría de Lage". Trabajos del Laboratorio Geológico de Lage (La Coruña), número 2.
6. FERNÁNDEZ DEL RIEGO, Antonio: "El contenido en carbono orgánico en los sedimentos de la Ría de Vigo. Algunos datos sobre la relación C/N". Boletín del Instituto Español de Oceanografía.
7. — "Las condiciones de estancamiento en la Ría de Vigo". Boletín del Instituto Español de Oceanografía.

LAS CONDICIONES DE ESTANCAMIENTO
EN MARES INTERIORES, FIORDS, BAHIAS Y RIAS, CON
ESPECIAL REFERENCIA A LA DE VIGO

POR

ANTONIO FERNANDEZ DEL RIEGO



ANTONIO FERNANDEZ DEL RIEGO

LAS CONDICIONES DE ESTANCAMIENTO
EN MARES INTERIORES, FIORDS, BAHIAS
Y RIAS CON ESPECIAL REFERENCIA A LA
DE VIGO

La mayor o menor ventilación que exista en la Ría de Vigo ha de ser factor primordial a considerar en la formación de los depósitos humíferos que tienen asiento en gran parte del fondo de la misma. La ventilación depende de la velocidad de penetración de aguas nuevas con el ritmo de las mareas. También el oleaje pudiera desempeñar importante papel en las condiciones de ventilación.

La penetración de aguas exteriores con la corriente de marea depende de las dificultades con que pudieran encontrarse aquellas a la entrada de la ría. La única dificultad se presenta en el sentido de la amplitud debido a la disposición atravesada de las Cíes, que dificultan la libre irrupción, que de otro modo tendría lugar. En sentido vertical no existe obstáculo alguno, ya que no hay umbral. La profundidad en la boca sur es de 50 metros como término medio, y en la boca norte alrededor de los 30 metros. De las condiciones de ventilación nos dan cuenta los caracteres hidrográficos en toda la columna de agua en diversas estaciones elegidas al efecto, como enseguida veremos.

El segundo factor importantísimo del que depende tanto como de la renovación de las aguas la formación de cienos negros, lo constituye la concentración de la materia orgánica. En

la Ensenada de San Simón el primer factor está mitigado por el largo camino, más o menos forzado, que las aguas de cada marea nueva se ven obligadas a recorrer, y el segundo está muy favorecido por los aportes fluviales y la poca profundidad del agua. Si se tiene en cuenta que la ventilación debida al oleaje se encuentra anulada gran número de días al año, por ser zona muy protegida de los vientos dominantes, no es extraño que sea éste paraje idóneo para la formación de fangos húmicos.

Si observamos la Ría de Vigo desde una de las elevadas colinas de sus márgenes, se nos presenta como un brazo de mar relativamente aislado del exterior. La entrada del agua es frenada sobre todo en su boca norte por las Cíes. Después las aguas penetran sin grandes obstáculos hasta Rande. El estrechamiento tan grande allí experimentado, limita la facilidad de entrada del agua, y en la Ensenada de San Simón las condiciones son semejantes a las de un lago aparentemente.

Si comparamos la violencia de las corrientes de marea en una ría alta, como la del Eo por ejemplo, donde la enorme velocidad de las aguas durante el flujo arrastra embarcaciones con fuerza irresistible hacia el interior o hacia mar abierto en el reflujó, con la suavidad reinante en la Ría de Vigo, aun en parajes en que aquélla se agudiza como en el Estrecho de Rande, no puede menos de sorprendernos la acusada diferencia. El fondo de aquella ría es arenoso, no hay posibilidad de acúmulo de materia orgánica en este medio tan agitado y ventilado.

La Ría de Vigo, sin embargo, podemos considerarla como un paraje de ventilación media. La renovación de sus aguas y la velocidad de las mismas no es lo suficientemente grande para evitar el depósito y sedimentación del humus.

No obstante en la ría no existe verdadero estancamiento, existe sí una disminución del contenido de oxígeno en casi toda la columna de agua, debido a su absorción por la materia orgánica en su proceso de oxidación bacteriana, encimática y aun directa, sobre todo en la interfase agua-fondo; y en San Simón, donde la profundidad es escasa, la disminución del contenido de oxígeno se transmite a toda la columna de agua.

No se da el caso de un contenido nulo en la interfase agua-fondo, de intensísima actividad bioquímica, y mucho menos en el resto de la columna de agua, como ocurre en los casos que mencionaremos. Por otra parte, la disminución del contenido

de oxígeno que tiene lugar durante la baja marea, se ve compensada con el aporte de aguas exteriores bien ventiladas que entran con el nuevo flujo, sin que aquél llegue nunca a alcanzar los valores normales de aguas bien aireadas, excepto en las capas superficiales, donde tiene asiento una activa fotosíntesis y la oxigenación en la interfase agua-aire, favorecida por el oleaje cuando hace viento.

En los Cuadros I y II (figs. 2 y 3) se observa claramente la variación del contenido de oxígeno con el estado de la marea. En el Cuadro I, las aguas que están muy próximas a alcanzar el máximo grado de envejecimiento por la inminencia de la baja marea han gastado una buena parte de su oxígeno en la combustión de la materia orgánica. Las aguas recientes, cuyas características se expresan en el Cuadro II, revelan un contenido mucho mayor en oxígeno, debido a la inminencia de la pleamar.

CUADRO I

Hora del día	Próxima bajamar	Profundidad	Salinidad	O ₂	Temperatura	Fosfatos
11,52	14,35	0,0	34,43	2,62	—	6,31
12,00	»	5,0	35,14	2,94	—	4,41
12,04	»	10,0	35,39	2,02	—	5,27
12,07	»	15,0	35,44	3,28	—	6,96
12,10	»	18,0	35,48	4,83	—	7,35

CUADRO II

Hora del día	Próxima pleamar	Profundidad	Salinidad	Oxígeno	Temperatura	Fosfatos
11,08	11,40	0,0	35,05	6,60	17,50	3,96
11,16	»	3,0	35,32	5,60	15,50	4,00
11,35	»	6,0	35,37	5,80	15,20	4,50
11,45	»	13,5	35,44	3,70	14,25	7,00
11,50	»	18,0	35,44	4,00	13,00	15,69

La distribución de oxígeno con la profundidad sigue algunas veces una marcha regular, siendo el gradiente de concentración negativo, como ocurre en la estación II, con datos tomados el año 1950 y representados en el cuadro III (fig. 4).

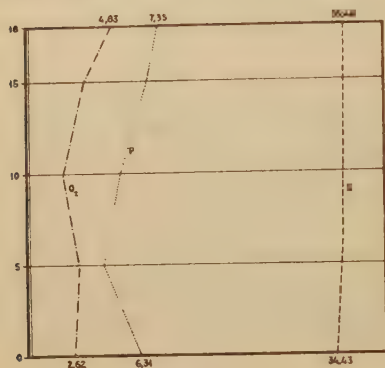


Fig. 2

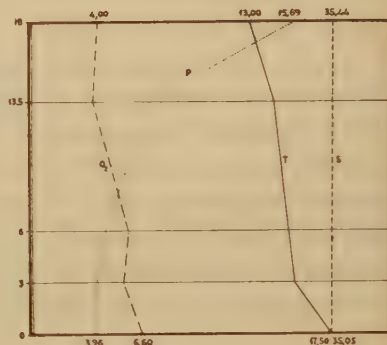


Fig. 3

CUADRO III

Hora del día	Próxima pleamar	Profundidad	Salinidad	O ₂	Temperatura	Fosfatos mg. P/m ³
9,56	13,05	0,0	33,78	5,07	13,60	6,37
10,01	»	5,0	35,23	4,34	13,70	7,84
10,15	»	10,0	35,61	3,69	13,60	17,58
10,24	»	15,0	35,61	2,81	13,60	9,01

Si en el caso anterior se observa el mínimo valor en el contenido de oxígeno en la capa en inmediato contacto con el fondo y el máximo en superficie, por el contrario, en el cuadro I se observa una distribución inversa. Esto se debe a que la corriente de marea durante el flujo penetra por el fondo, desplazando hacia la superficie las capas empobrecidas en oxígeno de éste.

Los cuadros I, II y III corresponden a la estación II.

En esta estación, como en todas las estudiadas, durante casi todo el año se mantiene un gradiente positivo de salinidad y negativo de temperatura.

El contenido en fosfatos generalmente aumenta con la profundidad; sin embargo, se observan inversiones.

El contenido en oxígeno presenta una distribución variadísima de un día a otro, y el gradiente puede cambiar varias veces de signo en la misma columna de agua.

El hecho de que en superficie se haya encontrado un día de calma uno de los mínimos valores de oxígeno de toda la columna de agua, sólo puede explicarse por el afloramiento de capas inferiores empobrecidas, ya que de otro modo la fotosíntesis y la simple disolución del oxígeno del aire habría de producir necesariamente valores altos.

De la aireación por contacto atmosférico podríamos decir que en los días de calma se ve considerablemente disminuída. Véase el cuadro I.

El contenido en fosfatos, que suele ser mínimo en superficie, se ve que alcanza un valor relativamente alto en la estación VI, como se ve en el cuadro I, sólo explicable por el ascenso de aguas ricas en fosfatos procedentes del fondo.

Que la distribución de los caracteres hidrográficos varía con el estado de la marea en esta ría ha sido observado por Montequi con anterioridad (1), aunque las estaciones estudiadas por él son más ventiladas que las estudiadas por nosotros, por su mayor proximidad a la costa y menor profundidad; por ejemplo, la St. I., próxima a la II de nuestro trabajo.

En el cuadro IV (fig. 5) se expresan los valores de salinidad, temperatura, oxígeno y fosfatos correspondientes al día 18 de setiembre de 1954 en la estación VI.

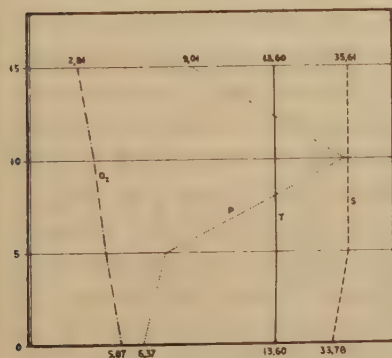


Fig. 4

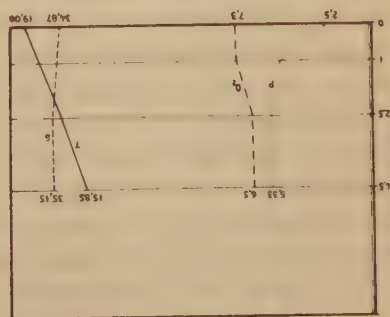


Fig. 5

CUADRO IV

Hora del día	Próxima bajamar	Profundidad	Salinidad	O ₂	Temperatura	Fosfatos mg. P/m ³
10,35	12,50	0,0	34,87	7,3	19,00	2,50
11,20	»	1,0	34,87	7,3	18,10	4,85
11,08	»	2,5	35,15	6,5	17,20	5,33
10,55	»	4,5	35,15	6,5	15,85	5,33

El cuadro V (fig. 6) también representa los mismos caracteres hidrográficos, correspondientes al día 27 de agosto de 1954, para la misma estación VI.

CUADRO V

Hora del día	Próxima pleamar	Profundidad metros	Salinidad	Oxígeno	Temperatura	Fosfatos
10,30	14,20	0,0	35,14	6,14	17,00	4,95
10,37	»	1,0	35,19	5,63	16,72	7,84
10,53	»	2,5	35,23	5,25	15,70	7,35
11,05	»	5,0	35,59	5,82	14,08	9,35

Por último, vamos a exponer en el cuadro VI (fig. 7) los valores de los datos hidrográficos correspondientes a una estación aguas afuera del estrecho de Rande, en cuyo fondo existe cieno negro, pero que no ha sido analizado.

Está localizada en la convergencia de las líneas: N-S. Faro de la GUIA-Ermita de la GUIA. E-W: Punta Regasenda-Castillo de Rande.

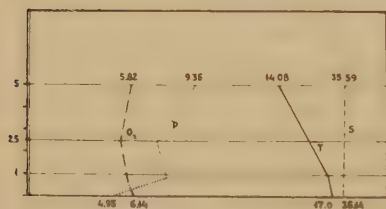


Fig. 6

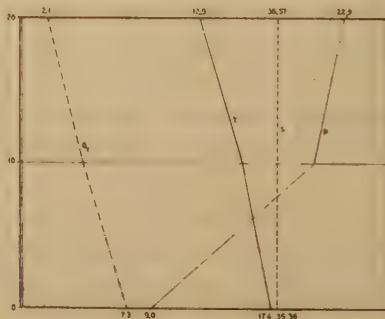


Fig. 7

CUADRO VI

Hora del día	Próxima pleamar	Prof. ms.	Salinidad	O ₂	Tempe- ratura	P. mg./m ³
10,00	13,30	0,0	35,36	7,3	17,4	9,0
10,20	»	10,0	35,53	4,7	15,8	21,0
10,30	»	20,0	35,57	2,1	12,9	22,9

De todos estos datos analíticos se colige que existe renovación en cada flujo del agua, lo que origina una ventilación en toda la columna en todos los parajes de la ría. A esta ventilación se suma la ejercida por el oleaje en los días de viento y la convección y difusión que puedan existir.

En las estaciones próximas a la desembocadura de ríos la ventilación aumenta con el aporte de aguas fluviales bien oxigenadas, cuya acción se deja sentir por la escasa profundidad del agua en la confluencia. Sin embargo, los valores bajos de la concentración de oxígeno en el agua nos hablan elocuentemente de la deficiencia de ventilación en relación con el elevado contenido de materia orgánica.

La producción de Cienos Humicos en los Fiords Noruegos

Según Kaare Münster Strom, que hace un estudio detallado de las causas de amiculación del humus en los *fiords* noruegos, las condiciones particulares de estancamiento y mala ventilación son las causas primordiales necesarias para el depósito de cienos negros. Los *fiords* son formaciones de génesis glaciaria típica, generalmente dotadas de umbrales de entrada estrechos y poco profundos, en contraposición a la profundidad extraordinaria y a la anchura del *fiord*. Muchos de estos *fiords* están alimentados por aguas fluviales abundantísimas, procedentes de la cuenca del mismo; estas aguas, poco densas, se distribuyen en la superficie y contribuyen a la estratificación de las aguas. Esta estratificación se mantiene durante largos períodos, a ve-

ces de cincuenta años, y es el factor primordial del estancamiento. La estratificación depende de la distribución de la temperatura y la salinidad en toda la columna de agua. En los *fiords* mal ventilados la capa superficial de baja salinidad, debido al aporte de aguas dulces en toda la cuenca, se mantiene en equilibrio por su elevada temperatura y baja salinidad, en contraposición con las capas más profundas, mucho más frías y salinas.

En un *fiord* mal ventilado existe homogeneidad hidrográfica con la profundidad; esto es, a cada profundidad corresponde una misma temperatura y salinidad en toda la extensión del *fiord*. Esto excluye la producción de corrientes de convección, que contribuirían a la aireación de las capas mal ventiladas por aporte de aguas jóvenes más oxigenadas. La convección vertical también está excluida o es insignificante y no llega a las capas profundas, aun en el caso de que los vientos continentales enfríen las aguas superficiales, destruyendo la estratificación térmica, manteniéndose todavía la estratificación de salinidad.

La pequeña profundidad del umbral del *fiord*, a veces de 1,9 metros solamente, en comparación con la profundidad, a veces mayor de 500 metros, de algunas partes de aquél, contribuye a la estabilidad del estancamiento; además, en algunos *fiords* interiores, separados de mar abierto por una cadena de otros *fiords* con umbrales cada vez menos profundos hacia el interior, hace que al más interno lleguen aguas nuevas solamente en mareas altas, estando a veces el umbral seco casi todo el año, próximo a convertirse en lago. Solamente cuando una marea muy viva penetra el umbral, las aguas, deslizándose por el fondo, remueven éste, elevando las aguas pútridas, muy ricas en sulfhídrico, a la superficie, originando una gran mortandad de peces que vivían en las capas superficiales aireadas. Esta catástrofe ocurrió en algún *fiord* que no se había ventilado hacia cincuenta años.

La ventilación ocurre muchas veces cuando un viento continental sopla con violencia sobre el *fiord*, hacia la costa, arrastrando las aguas superficiales hacia fuera; se produce así una corriente de reacción que trae aguas oceánicas aireadas sobre la base del *fiord*, produciendo el fenómeno ya citado.

El origen de los *fiords* noruegos es glaciario puro en la mayoría de los casos; las morrenas acumuladas en la boca del *fiord*

producen umbrales poco profundos, que limitan extraordinariamente la entrada del agua marina en gran número de casos. La península escandinava está sometida a un movimiento epirogénico general, que ha producido el paso gradual del estado de *fiord* bien ventilado a *fiord* mal ventilado y, por último, a lago; sin embargo, en algunos casos el movimiento ha sido en sentido inverso y a veces se ha comprobado en ciertos *fiords* transgresiones y regresiones sucesivas, correspondientes a descensos y elevaciones repetidas.

El cambio de las condiciones de ventilación por elevación del umbral, o por acumulación de morrenas en la boca del *fiord*, o por otras posibles causas, se pone de manifiesto en las muestras cilíndricas tomadas con la sonda; se observa una sucesión de capas de cieno negro hasta una cierta profundidad y, de repente, la aparición de capas arcillosas. Strom, contando el número de capas, cada una de las cuales corresponde a un ciclo anual, determina la fecha en que se ha establecido el cambio en las condiciones de ventilación (2, 3, 4).

A continuación, en el cuadro VII (fig. 8), tomado de Strom, se consignan datos hidrográficos correspondientes a Söndeledspoll; hemos elegido este *fiord* por tener profundidad análoga a la existente en la estación II antes mencionada.

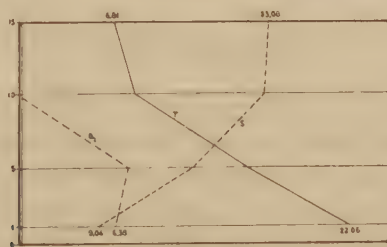


Fig. 8

CUADRO VII

Profundidad	Tempe- ratura	Salinidad	Oxígeno	Anhídrido Fosfórico
1,0	22,06	9,04	6,38	0,0
5,0	15,43	23,37	7,15	0,0
10,0	7,82	32,48	0,00	0,0
15,0	6,81	33,08	0,00	120,0

En el cuadro VIII (fig. 9) consignamos datos de Lenefjord, tomados también de Strom.

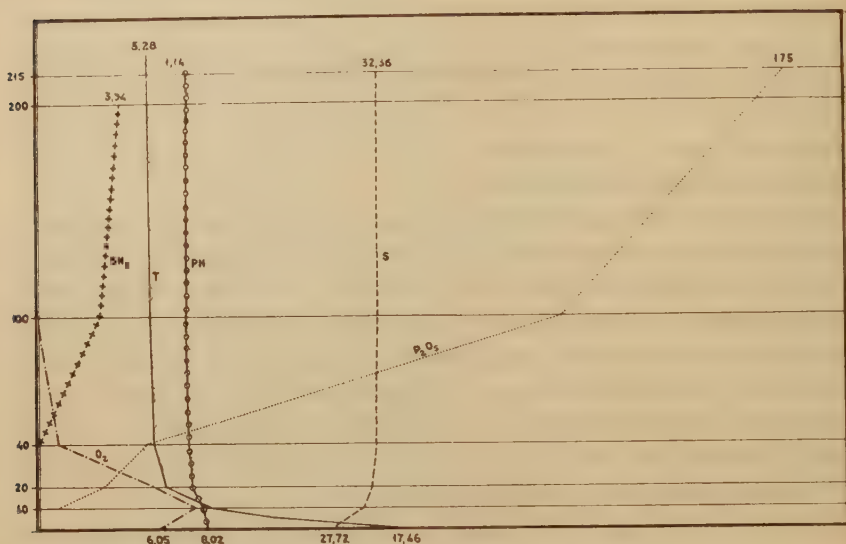


Fig. 9

CUADRO VIII

Profundidad	Tempe- ratura	Salinidad	O ₂	SH ₂	pH	P ₂ O ₅
0	17,46	—	—	0	—	—
1	17,37	27,72	6,05	0	8,02	0
5	11,28	—	—	0	—	—
10	8,17	31,15	7,56	0	7,96	5
20	6,16	31,65	4,98	0	7,37	16
40	5,54	32,09	0,55	0	7,22	26
100	5,38	32,36	0,00	3,01	7,17	124
215	5,28	32,36	0,00	3,94	7,14	175

Con sólo observar los cuadros anteriores, ejemplos solamente de la gran pléyade que estudia Strom, se persuade uno de la estratificación enorme que reina en estas masas de agua, a cau-

sa del estancamiento. El gradiente de salinidad es positivo y de un elevado valor absoluto; el de temperatura, inversamente, es negativo y también de gran valor absoluto. Si este gradiente fuese constante con la profundidad, la pendiente de la recta representativa de la variación de la concentración con la profundidad sería muy elevada, y, en todo caso, la derivada de la concentración con relación a la temperatura, para una profundidad cualquiera, es muy elevada. Estos gradientes, por el contrario, son poco acusados en cualquier lugar de la ría de Vigo, y la estratificación es mínima.

El oxígeno disminuye de una manera continua con la profundidad, llegando a anularse. En casi todos los *fiords*, una vez anulado el oxígeno, aparece sulfhídrico, que aumenta con la profundidad, llegando a estacionarse a determinado nivel.

El pH disminuye con la profundidad, merced al aumento de acidez debida al carbónico y al sulfhídrico.

También los sulfatos se disuelven en las capas inmediatas al fondo con el aumento de acidez.

La producción de Cienos Humíferos en la Bahía de la Ballena (Walvis Bay)

Acabamos de estudiar las condiciones de ventilación de cienos negros en parajes de ventilación intermedia, como la bahía de Vigo, y también el mismo proceso en recintos casi cerrados, de ventilación escasa, como los *fiords* noruegos.

La Bahía de la Ballena, situada en el Atlántico suroriental, en plena corriente de Benguela, es un caso típico de formación de cienos azoicos en un paraje de buena ventilación. Es una prueba viva de que se pueden producir sedimentos muy ricos en materia orgánica en zonas no solamente abiertas, sino situadas en plena corriente oceánica. El *upwelling*, que lleva aguas antárticas de una profundidad media hasta la superficie, rompe la estratificación de estas aguas.

En realidad, las aguas que afloran en la corriente de Benguela con el *upwelling* pertenecen a la corriente antártica intermedia, que está formada de la porción más densa de las

aguas mixtas originadas en el área de mezcla que se extiende de 200 ó 300 millas al norte de la convergencia antártica. Las aguas antárticas superficiales que caen en la Convergencia Antártica se mezclan con las aguas más calientes y salinas sub-superficiales de dirección sur. El resultado de la mezcla no es agua homogénea, sino que está constituida de una porción más ligera, que es arrastrada hacia el norte con la corriente superficial, y otra más densa que cae, fluyendo hacia el norte, y es la que constituye la Corriente Antártica Intermedia. El curso de esta corriente puede ponerse de manifiesto en secciones de sur a norte por medio de la inversión de salinidad, que pone en evidencia la presencia de un núcleo o flujo intermedio de corriente comprendido entre las corrientes superficiales, o sub-superficiales, y la corriente profunda, más salina.

En este caso se pone bien patente que el factor concentración de materia orgánica es de tal importancia que en pleno océano y en aguas que debieran de ser bien ventiladas, tiene lugar la formación de enormes depósitos de gran contenido en materia orgánica, muy sulfhídricos y totalmente abióticos. El exceso de materia orgánica consume todo el oxígeno del agua, y en la base de la columna puede presentarse sulfhídrico.

La productividad de la región de Walvis Bay puede considerarse como la correspondiente a una de las zonas de mayor fertilidad de las aguas oceánicas. Según Nielsen (5), la producción por unidad de área es de 3,8 gr./m²/día. Esta producción es 14.000 veces superior a la del Mar de los Sargazos, si se calcula por unidad de volumen, y sólo 80 veces mayor si se calcula por unidad de área. La diferencia de ambas proporciones encuentra explicación si se consideran los espesores relativos de las zonas fotosintéticas en las estaciones 139 de Walvis Bay y 764 del Mar de los Sargazos, en la expedición del *Galatea*, a las cuales corresponden aquellos números; estos espesores son de 0,8 y 120 metros, respectivamente.

La productividad para el Mar de los Sargazos, sin embargo, ha sido considerada por Riley como diez veces superior. Nielsen lo comprobó personalmente, utilizando su método C₁₄ (6), y el de la determinación del oxígeno producido en botellas expuestas a la luz y el de otras mantenidas en la oscuridad, conocida previamente la concentración primitiva del agua en oxígeno antes de la experiencia. Riley hallaba la diferencia de concentra-

ciones entre las botellas expuestas a la luz y al comienzo de la experiencia, sumando a ésta la existente entre esta última y la de las botellas mantenidas en la oscuridad, para compensar la pérdida de oxígeno consumido en la respiración de las bacterias. El error se debe a que las bacterias no consumen el mismo oxígeno en ambos tipos de botellas, sino que en las expuestas a la luz se mueren aquéllas por la acción bacteriostática de los antibióticos producidos por el plancton.

Con el método de Riley la productividad del Mar de los Sargazos en los experimentos llevados a cabo por él lleva a la conclusión de que la productividad es de 4,5 gr. de C./m²/día, valor mucho más alto que el dado para la región de Walvis Bay por el método del C. radioactivo. Nielsen repitió las pruebas en la misma época del año *in situ*, obteniendo con su método valores 200 veces más bajos que los obtenidos por aquel autor en el mismo paraje.

En los cuadros IX y X (figs. 10 y 11) se muestran los valores de temperatura, oxígeno y sulfhídrico para dos estaciones en la región de la Bahía de Walvis, donde se presentan en el fondo cienos azoicos. En el cuadro IX se expresan datos de la columna de agua correspondientes a la estación 1.076, del buque *William Scoresby*. En el cuadro X se consignan datos de la estación 16, del mes de mayo de 1950, tomados a bordo del *Namib*. Ambas series de datos han sido tomadas de Copenhague (7) (8).

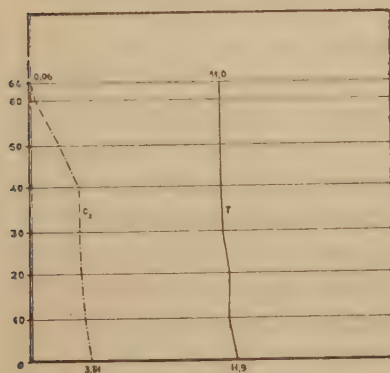


Fig. 10

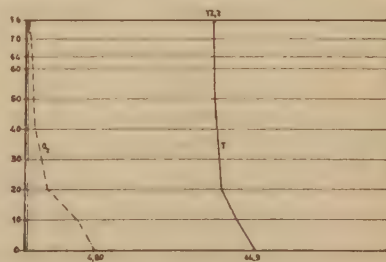


Fig. 11

CUADRO IX

Estación 1.076, del R. R. S. *William Scoresby*. Tomado de W. J., Copenhagen.

Profundidad	Temperatura	Oxígeno	Acido Sulphídrico
0,0	11,9	3,51	—
10,0	11,5	3,19	—
20,0	11,5	2,91	—
30,0	11,5	2,86	—
40,0	11,1	2,81	—
50,0	11,0	1,68	—
60,0	11,0	0,21	—
64,0	11,0	0,06	—

CUADRO X

Estación 16, del buque patrullero *Namib*. Tomado de W. J., Copenhagen.

Profundidad	Temperatura	Oxígeno	Acido Sulphídrico
0,0	14,9	4,80	—
10,0	13,4	3,61	—
20,0	12,9	1,76	—
30,0	12,6	1,26	—
40,0	12,5	0,52	—
50,0	12,3	0,40	—
60,0	12,2	0,04	—
64,0	—	—	—
70,0	12,2	0,02	—
76,0	12,2	0,00	5,88

Se observa que la estratificación tan acusada en los *fiords* noruegos no tiene correspondencia en Walvis Bay, el gradiente de temperatura es negativo en toda la columna pero su valor absoluto es débil. Su valor es bastante inferior todavía al de la Ría de Vigo. En la Estación 1.076 existe una disminución de apenas un grado en 64 metros de profundidad.

Sin embargo el contenido en oxígeno disminuye de una manera progresiva y continua de la superficie al fondo. En la Estación 16 el oxígeno llega a ser nulo en el agua próxima al fondo y aparece SH_2 .

Sedimentación del Humus en el Mar Báltico

Las condiciones de formación del humus en el Mar Báltico, Golfo de Botnia y Golfo de Finlandia han sido estudiadas por Gripenberg (9). Las muestras analizadas corresponden a la parte oriental del primero y a toda la extensión de los golfos citados.

Dichas muestras corresponden a dos tipos completamente distintos, tanto en su contenido en materia orgánica como en lo que atañe a la configuración de su diagrama granulométrico y a la presencia o ausencia de diatomeas en el mismo.

Una representación gráfica estadística pone de manifiesto la escasez de los tipos de transición.

Las muestras, con un contenido que oscila entre 0,5 y 1,5 % de materia orgánica, carencia de diatomeas y disposición laminar del sedimento, pertenecen al último período glacial; también presentan un diagrama granulométrico característico. Son arcillas, fangos y aun arenas.

El segundo grupo está constituido por sedimentos cuyo contenido en materia orgánica oscila generalmente entre 3 % y 4 %, pudiendo alcanzar en algunos casos valores de 7 y aun casi 10 % de materia orgánica; son cienos y presentan siempre diatomeas. Sus diagramas característicos los distinguen mecánicamente de los sedimentos del tipo anterior. Son sedimentos del Período Postglacial.

Al final del último período Glacial tuvo lugar la apertura de la conexión del "Lago del Hielo", que constituía el Báltico, con

el Océano, a través de la Suecia Central, en Monte Billing, por medio del Canal de Närke. La concentración de las aguas en sales nutritivas, que era muy baja hasta entonces, porque los aportes de aguas de deshielo sólo llevaban disueltas cantidades muy reducidas, se vió extraordinariamente aumentada y con ello el placton, y por consiguiente el humus por él originado. En estas circunstancias, que tuvieron lugar al comienzo del Período de Yoldia, habrán debido formarse sedimentos de transición con una riqueza en humus del 2 % aproximadamente, intermedia entre las correspondientes a los periodos Ultimo Glaciar y Post Glaciar.

La diferencia entre los contenidos en humus de los sedimentos de ambos periodos se debe a que el balance mineral-orgánico es muy distinto en cada uno de ellos. Tan pronto como se retiró el hielo, la enorme cantidad de detritus de origen glaciar, que tenían naturaleza inorgánica, cesó. Aun cuando los suministros de materia orgánica en ambos fuese idéntico, el sedimento se vería favorecido en su contenido en humus, debido a su favorable proporción en relación con la del Ultimo Glaciar.

Si más tarde se suprimió la comunicación con el océano, quedando el Báltico nuevamente convertido en lago, "Lago del Ancyclus", la producción de humus se mantendría superior por el remanente de sales nutritivas que habían sido introducidas del océano durante el periodo de Yoldia.

Posteriormente se volvió a establecer la comunicación con el océano cuando el nivel de las aguas de éste alcanzaron el del "Lago del Ancyclus", en las zonas del Estrecho de Dinamarca y los Belt; esto ocurrió en el año 5000 a. C., estableciéndose el "Mar de Litorina". El mar era más profundo que en la actualidad, y las condiciones de producción de materia orgánica, más favorables. Al elevarse el fondo y restringirse el paso de aguas oceánicas, la salinidad ha disminuído notablemente, sin llegar a valores tan bajos como en el periodo del "Ancyclus".

La distribución de los sedimentos de los periodos Ultimo Glaciar y Post Glaciar se caracteriza por su promiscuidad. No se puede atribuir una zona determinada para cada uno de ellos, sino que al lado de uno se puede encontrar el otro, sin que pueda establecerse una clara línea divisoria entre ambos tipos de depósitos.

La sedimentación en la época actual y desde que se inició la segunda comunicación con el océano depende estrictamente del régimen de circulación de las aguas. En general, se encuentran los sedimentos más ricos en humus en las depresiones más profundas y en las bahías y ensenadas próximas a la costa, donde está favorecido el estancamiento. Sin embargo, a las zonas más profundas no corresponden siempre los sedimentos más ricos, sino que a veces, en fosas de gran profundidad, los contenidos son más bien bajos, y viceversa. Así, por ejemplo, en el Golfo de Botnia, al norte del North Kvarn, en estaciones de 100 metros de profundidad, se encuentran valores de hasta 7 % de materia orgánica. En cambio, en la fosa de Hårnosand, de una profundidad de 300 metros, los contenidos nunca pasan de 3,8 %.

La materia orgánica se deposita en las zonas de remolino o remanso, que se encuentran en medio de las cuencas generalmente. No siempre coinciden, sin embargo, estas zonas de turbulencia mínima de las aguas con las partes más profundas de la cuenca; en algunos parajes profundos, la velocidad de las aguas impide el depósito de sedimentos; así pasa en la fosa de Hårnosand, donde las fuertes corrientes profundas dificultan la acumulación. También ocurre lo mismo en ciertos parajes del Báltico.

El contenido en materia orgánica en relación con la profundidad del sedimento, sigue un ritmo creciente en el Báltico. Podría suceder que las capas más profundas, más ricas en materia orgánica, correspondiesen a la época de la "*Littorina*", en que el contenido de plancton en las aguas era muy superior al existente en la actualidad.

En el Golfo de Botnia, excepcionalmente, el contenido en humus disminuye con la profundidad.

Origen de los Sedimentos en el Báltico

La relación C/N de los sedimentos del Golfo de Botnia habla en favor de un origen terrígeno (8). Buch (10) nos habla de la escasa fertilidad de las aguas del Golfo de Botnia, atribuyéndola a la escasez de fosfatos en el agua. El contenido en

amoníaco es elevado, y lo mismo puede decirse de los nitratos, que no pueden actuar como limitativos de la producción de fitoplancton, porque su contenido es suficiente. Si el plancton es escaso, el elevado contenido en humus de los sedimentos recogidos en estos parajes sólo puede explicarse por los enormes aportes de materia orgánica de las turberas situadas en la cuenca de los ríos que desembocan en el Golfo de Botnia. La relación C/N de estos sedimentos es de 11,5, valor elevado que corresponde al origen lignínico de este humus. El valor es de 10,2 para el Golfo de Finlandia y 9,1 para el Báltico propiamente dicho. Estos valores expresan la mayor o menor polución por aguas continentales, que disminuyen progresivamente por el orden indicado. A pesar de que la polución en el Golfo de Finlandia es muy elevada, como existe un desarrollo normal de plancton en él, queda modificada la composición del humus por esta razón, lo que se refleja en la relación C/N.

La formación del Humus en el Mar Negro

Las condiciones de estancamiento y mala ventilación en el Mar Negro le asemejan a los *fiords* noruegos. Los umbrales poco profundos y estrechos del Bósforo y Dardanelos, en relación con la gran profundidad del mismo, impiden la renovación de las aguas en alto grado. Los aportes de los caudalosos ríos que vierten sus aguas en él mantiene una capa superficial de agua salobre que contribuye a la estratificación.

En las capas superficiales, hasta los 50 metros, el contenido de oxígeno es normal y permite una abundante proliferación de plancton y la existencia de un bentos que vive a sus expensas. Desde 50 metros hasta 150, la cantidad de oxígeno disminuye de una manera progresiva, anulándose a esta profundidad. Desde aquí a los 500 metros aumenta el contenido de SH_2 , que se inicia al desaparecer el oxígeno; desde esta profundidad hasta el fondo se mantiene constante la concentración.

De la periferia al centro está constituido el fondo del Mar Negro por una estrecha banda de depósitos arenosos, donde la vida se desenvuelve sin restricciones. Sigue hasta la profundi-

dad de 60 metros una zona de silt y barro con restos de *Mytilus*. En la parte más profunda de los lechos de *Mytilus* se encuentran ejemplares de *Phylophora* sobre un fondo de arcillas oscuras. Después aparece el cieno, poblado por abundantes *Modiolus Phaseolina*. Esta especie comienza su aparición cuando el oxígeno empieza a decrecer en la columna de agua, y termina a los 180 metros de profundidad, cuando ya aparece el SH. Esta profundidad es rara vez alcanzada; en general, a los 150 metros el SH. aparece y las phaseolinas se extinguen.

A los 200 metros de profundidad existe, primero, una zona de arcillas grises, seguida de otra más profunda de margas. Aquí la vida ha desaparecido totalmente. Por debajo de los 200 metros, los depósitos se presentan estratificados. En lo que atañe a las arcillas, su riqueza en materia orgánica es tanto mayor cuanto más oscuro es el sedimento.

Las margas presentan un color más claro que las arcillas; sin embargo, su contenido en humus es menor, de 5 a 10 % para las primeras y de 3 a 7 % para las segundas.

Es de notar que los sedimentos menos ricos en humus, que se encuentran en profundidades donde el oxígeno está presente, son más negros que los de las grandes profundidades, que suelen ser de color gris claro.

En la parte más profunda de la parte occidental del Mar Negro existe una capa de arcilla negra, que recuerda la textura de las pizarras bituminosas, por debajo de la capa de marga. Su aspecto es espeso y gomoso, cuando húmedo, y frágil al secarse. Su riqueza en carbonato cálcico es mucho menor que la de las margas superficiales. El contenido en carbonato cálcico es del 12 %, mientras que su riqueza en humus oscila entre 20 y 35 %. La riqueza en carbonato cálcico de las margas superficiales es de 40 a 65 %, mientras que las arcillas superficiales, de color gris, tienen un contenido de 7 a 35 %. Está claro que los factores que regulan el depósito de carbonato cálcico tienen una enorme influencia en el contenido de materia orgánica del sedimento, puesto que puede inclinar el balance mineral-orgánico en uno u otro sentido, según la abundancia de aquella especie química en los depósitos.

Evolución de los cienos hacia nuevas formas

El hecho de que los cienos marinos constituyen sedimentos estables, no implica que gocen de inmutabilidad absoluta en el tiempo. La acumulación de enormes espesores de estos depósitos, que cada día que pasa aumentan su potencia, es prueba solamente de una relativa resistencia a la descomposición. Si la velocidad de acumulación de los depósitos es muy superior a la de su descomposición, aparentemente esta última no tendrá lugar.

De los dos componentes de un cieno, el mineral y el orgánico, solamente este último es susceptible de modificación en las condiciones ambientales que reinan en un depósito reciente; sin embargo, la parte mineral de los cienos jóvenes ha sufrido cambios profundos en multitud de casos, como tendremos ocasión de ver.

El humus marino, que constituye la parte activa de un sedimento, es asiento de una flora bacteriana, que es la causa de profundas modificaciones en la naturaleza íntima del mismo. Este humus evoluciona de una manera continua hacia formas nuevas más estables.

La evolución que puede experimentar el humus es distinta si el medio es anaerobio que cuando es ventilado.

Experiencias llevadas a cabo por Waksman demuestran claramente que en un medio oxigenado el humus se mineraliza, transformándose rápidamente en productos inorgánicos, procedentes de la degradación de aquél.

En un estudio comparativo verificado con muestras de cieno seco y de una tierra de labor, obtuvo los resultados siguientes:

Incubando muestras de 150 gramos de peso a la temperatura de 28° C., con agua de la fuente o agua de mar, según los casos, haciendo pasar por la masa contenida en un matraz de cuello largo una corriente de aire desprovisto de carbónico, durante un período de 1 a 25 días, y haciendo borbotear los gases a través de una disolución de agua de barita, que titulaba luego con oxálico, comprobó que se producía un vivo desprendimiento de carbónico.

Después del período de incubación extraía el cieno húmedo,

analizándolo de su contenido en amoníaco y nitratos. También cultivó en medio adecuado porciones de cieno para su análisis bacteriano.

Estos ensayos los repitió con muestras de tierra de cultivo, obteniendo resultados muy distintos.

Las cantidades de CO_2 desprendido por el cieno, así como las de amoníaco encontrado, son mucho mayores que cuando se operaba con la tierra. En estas últimas se encontraron nitratos en buena proporción; los cienos sólo produjeron nitrógeno al estado amoniacal. Esto revela la ausencia de bacterias nitrificantes en los cienos ensayados, ausencia que pudiera explicarse por la esterilización que experimentó el cieno en su secado en la estufa a la temperatura de 80°C .

El examen bacteriológico reveló la presencia de bacterias en ambas clases de materiales. En los cienos no se encontraron actinomicetos ni otros hongos.

En el medio anaerobio, que constituyen los cienos pútridos, la velocidad de transformación del humus es mucho menor; sin embargo, éstos evolucionan, en un sentido determinado, hacia formas de menor labilidad en el medio reductor que constituyen.

Evolución en medio oxidante

Los cienos se depositan en aquellas zonas donde la turbulencia es mínima, disponiéndose en formaciones lisas, de pendiente suave, sobre las cuales se deslizan las aguas lentamente, permitiendo el engrosamiento del depósito por adherencia de nuevos flóculos o velos a los previamente depositados. Estas formaciones reciben el nombre de *slike*.

Cuando la acumulación es lo suficientemente grande para que el *slike* aflore, acaba por transformarse en *shorre*. El *slike* y el *shorre* están separados por un talud de algunos decímetros y disposición vertical. El primero está sumergido y es estéril; el segundo comienza con el nivel de la marea alta ordinaria y está cubierto de vegetación halofílica.

Un *shorre* evolucionado constituye una tierra de cultivo. Esta evolución puede verificarse espontáneamente, por la acción

de los agentes atmosféricos, o bien por la acción combinada del hombre y de dichos agentes.

La costa de los Países Bajos, así como la costa occidental francesa, presentan un buen número de ejemplos de esta transformación. En la primera de estas regiones, cuando la elevación del depósito es tal que no puede ser alcanzado por las aguas del flujo en mareas muertas, se construye un dique para aislar aquéllos del mar.

Las aguas de lluvia arrastran las sales de la superficie, y el calor del verano provoca la desecación de las capas superficiales del *shorre*, produciendo poros y grietas, que posibilitan la penetración del agua de lluvia hasta las capas mas profundas. Al mismo tiempo que el agua, actúan el oxígeno y el anhídrido carbónico atmosféricos. El oxígeno transforma el sulfuro ferroso, que confiere un color negro al cieno, en sulfato de hierro, aclarándose el color de aquél, pasando a gris.

El anhídrido carbónico disuelve el carbonato cálcico al estado de bicarbonato, permitiendo que reaccione éste con las arcillas, sustituyéndose el sodio y el potasio por el calcio, formándose arcillas cálcicas. El agua de lluvia y el sistema de drenes empleado eliminan de la zona de reacción el bicarbonato sódico formado, impidiendo la irreversibilidad de la reacción.

El sulfato ferroso reacciona también con el bicarbonato cálcico, produciendo un sulfato cálcico lo suficientemente soluble para ser arrastrado de la zona de reacción por el exceso de agua de lluvia.

Del *shorre* se produce por evolución, en las costas francesas, el *bri*, y en las de Holanda, en una primera fase de transformación, los *kwelder*, al desaparecer las sales de la superficie por la acción de las lluvias. La desecación produce el cuarteamiento de la masa, lo que facilita la penetración del agua a las capas más profundas, extendiéndose así el saneamiento a toda la masa del depósito, lo que lleva aparejada la transformación en *polder* joven, y cuando la meteorización es completa, se transforma en *polder* propiamente dicho.

La materia orgánica, al llegar a estas condiciones, se encuentra en un estado muy adecuado para el cultivo; su riqueza es de un 3,5 %, con un contenido en N. de 0,3 % en este tipo de suelos, lo que corresponde a un porcentaje de 9 % en el humus.

La relación C N resulta así con un valor de 5,8, algo inferior a otros encontrados para terrenos de esta clase, pero superior a los valores normales de un *slike*, como más arriba hemos visto.

Evolución en medio anaerobio

La velocidad de descomposición es grande en un medio anaerobio, produciéndose en la degradación CO_2 y NH_3 , principalmente. En ausencia de oxígeno es imposible la vida de animales y plantas, y solamente las bacterias anaerobias proliferan abundantemente. Estas bacterias toman el oxígeno que necesitan de la materia orgánica, o de los sulfatos del agua del mar aprisionada en el sedimento, absorbida por las micelas del cieno. Por eso el contenido del humus marino en oxígeno es menor a medida que envejece, enriqueciéndose proporcionalmente en C. A medida que disminuye el contenido de oxígeno, el sedimento se acerca cada vez más a formas de mayor estabilidad.

El cieno pútrido muy evolucionado de los depósitos de mares mal ventilados, como el Mar Negro, constituye el *sapropel*, por ser muy semejante en su constitución y propiedades a la masa de los depósitos húmicos que se originan en los lagos.

El *sapropel* evoluciona cada vez más hacia formas más reducidas, transformándose en una masa viscosa, resinosa y densa, que constituye el protopetróleo, que al completarse el período de reducción se transforma en petróleo.

Las grasas de las diatomeas y bacterias muertas constituyen la fuente principal del petróleo. Estas grasas son saponificadas por las sales del agua del mar absorbida por el sedimento, y los ácidos grasos, descarboxilados y transformados en hidrocarburos por acción diastásica de las bacterias vivas. Estos hidrocarburos son la base de la formación de los petróleos.

El proceso de formación de los petróleos, según Brooks, se realiza a temperatura relativamente baja, 60° (11), y concluye que aquéllos no son mezclas de equilibrio, variando su composición según la fuente de producción de la materia orgánica del sedimento madre del petróleo, cuya putrefacción anaerobia los origina.

Si el depósito cenagoso, después de evolucionar en medio

anaerobio, es sometido a temperaturas elevadas y fuertes presiones, puede transformarse en pizarras bituminosas. Así se han producido los esquistos graptolíticos del ordovicense, que pueden equipararse a los depósitos humíferos de cubetas profundas, como el Mar Negro o los *fiords* noruegos. En Galicia, parte oriental, se encuentran pizarras graptolíticas del período siguiente, silúrico, con fósiles de *Monograptus* (12).

Las pizarras negras del cámbrico han debido formarse en condiciones semejantes a las que existen en la actualidad en bahías de baja profundidad; en este tipo de formación podrían quedar incluídos los cienos de la Ría de Vigo, especialmente los depositados en la Ensenada de San Simón.

Strom supone que la época actual es menos propicia a la formación de cienos y, por lo tanto, esquistos bituminosos, que la época terciaria.

El relieve máximo de la corteza terrestre, alcanzado en la época cuatèrnaria, lleva aparejado una desigualdad climática grande. El desequilibrio térmico establecido entre las distintas zonas oceánicas provoca la aparición de corrientes nada propicias a la formación de cienos negros. En la época terciaria, con morfología de peniplanicie y clima homogéneo, las condiciones eran mucho más adecuadas para el depósito y conservación de sedimentos humíferos y su formación ha debido de estar muy generalizada. No solamente se formarían en lagunas y mares cerrados de diversos tipos, sino que también pudieron haberse formado en pleno océano, en donde se sumarían a la igualdad térmica las barreras existentes en determinadas latitudes geográficas, que impedirían la ventilación de las aguas profundas. Aun en los días actuales podemos observar en un perfil longitudinal del Atlántico, en toda la zona tropical, una región comprendida entre los 50 y los 1.200 metros donde el contenido de oxígeno por litro desciende a valores muy bajos, alrededor de 1 c. c. a la profundidad de 500 metros (13).

BIBLIOGRAFIA

1. MONTEQUI, Ricardo: "Resultados de una campaña oceanográfica verificada en la Ría de Vigo durante el mes de agosto de 1941, bajo la dirección del Jefe del Departamento de Química Aplicada, don Ricardo Montequi". *Notas y Resúmenes*, serie A, número 104.
2. STRØM, Kaare Münster: "Land-Locked Waters". "Hidrography and bottom deposits in badly-ventilated-norwegian fjords with remarks upon sedimentation under anaerobic conditions". *Norske Vidensk. Akad. i Oslo, Skrifter, I. Mat.-Naturv. Klasse*, n.º 7, 85 pp., 1936.
3. — "Land-Locked Waters and the Deposition of Black Muds". p. 356-372 in Trask (ed), *Recent marine sediments*, 1939.
4. — "Two Land-Locked Fjords in Northern Norway". *Skrifter Utgitt av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo, I. Mat.-Naturv. Klasse*, 1937, n.º 7.
5. CLOWES, A. J.: "An Introduction to the Hidrology of South Africans Waters". Union of South Africa. Fisheries and Marine Biological Division. Investigational Report N.º 1, 1950.
6. STEEMANN NIELSEN, E.: *Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer. Charlottenlund-Slot. Danmark. Journal du Coseil*, XIX, N.º 3.
7. COPENHAGEN, W. J.: "The periodic mortality of fish in the Walvis Region". Department of Commerce and Industries. Division of Fisheries. Investigational Report N.º 14.
8. FERNÁNDEZ DEL RIEGO, Antonio: "El contenido en C. orgánico de la Ría de Vigo. Algunos datos sobre la relación C/N".
9. GRIPENBERG, Stina: "A study of the sediments of the North Baltic and adjoining seas". *Fenia* 60, N.º 3, 231 pp., Helsingfors, 1934.
10. BUCH, K.: "Untersuchungen über gelöste Phosphate und Stickstoffverbindungen in der norbaltischen Meeresgebieten. Merentutkimuslaitoksen Julkaisu. Havsforskningsinstitets skrift", n.º 86, Helsingfors, 1932.
11. BROOKS: "Science of Petroleum", vol. I, pág. 52.
12. CARLÉ, W.: "Resultado de investigaciones geológicas en las formaciones antiguas de Galicia". Traducción de José Maria Rios, del original alemán: "Ergebnisse geologischer Untersuchungen im Grundgebirge von Galicien (Nordwest Spanien)". Instituto Lucas Mallada del C. S. I. C. Madrid, 1950.
13. WATTENBERG, H.: "Die Durchlüftung des Atlantischen Ozeans". *Journal du Conseil pour l'Exploration de la Mer*, 4, 1.

- 70.—FRANCISCO HERNÁNDEZ PACHECO: «Características del zócalo continental del Africa Occidental española». (Encuadrado con el boletín número 69.)
- 71.—Campañas del «Xauen» en los años 1949 y 1950. Registro de operaciones.
- 72.—GARCÍA PINEDA y DOMINICA MONTEQUI: «Acerca de la sustancia anti-coagulante de las algas rojas.»
- 73.—A. ROJO LUCIO: «Datos sobre la edad del bacalao (*G. callarias* L.), eglefino (*Melanogrammus aeglefinus* L.), colín (*Pollachius virens* L.) y locha (*Urophycis tenuis* Mitch.), con indicación de las técnicas usadas.»
- 74.—LUIS LOZANO REY: «Sobre el fomento de la producción pesquera de las aguas marinas y salobres confinadas; en el litoral de España y en el de sus Territorios de Soberanía y de Protectorado.»
- 75.—A. R. DE LAS HERAS, R. LÓPEZ COSTA, F. CABAÑAS, L. RODRÍGUEZ MOLINS y R. BESADA: «Análisis de fondos de la Bahía de Cádiz.»
- 76.—ANGELES ALVARIÑO: «Estudio del zooplancton recogido en la campaña «VENDAVAL», en Terranova. Marzo, abril y mayo de 1953.»
- 77.—ANGELES ALVARIÑO: «Zooplancton de Terranova (Febrero, marzo y junio de 1955)». (Encuadrado con el Boletín núm. 76.)
- 78.—ANTONIO FERNÁNDEZ DEL RIEGO: «El contenido en carbono orgánico en los sedimentos de la ría de Vigo. Algunos datos sobre la relación carbono-nitrógeno.»
- 79.—D. MONTEQUI y M.^a D. GARCÍA PINEDA: «Algunas observaciones acerca de la determinación del contenido lipídico en harinas de pescado.» (Encuadrado con el Boletín núm. 78.)
- 80.—MIGUEL O. MASSUTI: «Biología de la sardina de Baleares.»
- 81.—ANGELES ALVARIÑO: «Estudio del Zooplancton del Mediterráneo Occidental.»
- 82.—ANGELES ALVARIÑO: «Zooplancton del Atlántico Ibérico. Campañas del «Xauen» en el verano de 1954.» (Encuadrado con el Boletín núm. 81.)
- 83.—Campañas del «Xauen» en el Mediterráneo español y en las costas noroeste y cantábrica de España en el año 1951.
- 84.—RAFAEL LÓPEZ ACOSTA y LORENZO RODRÍGUEZ MOLINS: «Determinación colorimétrica del plomo en el mejillón (*Mytilus edulis*) y en el agua de mar de la ría de Vigo.»
- 85.—JOSÉ RAMÓN BESADA RIAL y LORENZO RODRÍGUEZ MOLINS: «Determinación colorimétrica del glucógeno en el mejillón (*Mytilus edulis*).» (Encuadrado con el anterior.)
- 86.—LORENZO RODRÍGUEZ MOLINS: «Determinación colorimétrica del cobre en el agua de mar y en el mejillón (*Mytilus edulis*).» (Encuadrado con los dos anteriores.)
- 87.—LORENZO RODRÍGUEZ MOLINS y JOSÉ RAMÓN BESADA RIAL: «Estudios químicos sobre el mejillón (*Mytilus edulis*) de la ría de Vigo.» (Encuadrado con los tres anteriores.)

NOTA.—Pedidos y correspondencia al Sr. Secretario del INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA, Alcalá, 27. Madrid.

VIENNA 1872

1872

1872

